

## A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

### TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL CONTENDO O CORANTE VIOLETA CRISTAL: UM ESTUDO DE REVISÃO

**Drielle dos Santos Ataliba Marvila, Damaris Guimarães.**

Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, SN, Guararema - 29500-000 –  
Alegre-ES, Brasil, dri\_marvila@hotmail.com, damaris.guimaraes@ufes.br.

#### Resumo

A indústria têxtil no processo de tingimento dos produtos gera uma grande quantidade de efluentes líquidos contendo corantes que causam impactos ambientais ao serem descartados sem o devido tratamento. Dentro desse contexto, o intuito do presente trabalho é fazer um levantamento bibliográfico abordando as técnicas de tratamento de efluentes líquidos oriundos do setor têxtil que sejam ricos no corante Violeta Cristal (VC), por meio de análise de processos, custo e eficiência das técnicas aplicadas separadamente ou em conjunto. As principais técnicas reportadas na literatura para a remediação desses efluentes têxteis são o processo biológico, coagulação/floculação, oxidação avançada e adsorção/troca iônica. A partir do levantamento bibliográfico, observou-se que a técnica mais adequada a cada tipo de efluente têxtil dependerá do grau de eficiência requerido e o investimento a ser disponibilizado, tendo ciência de que há estudos sobre todos os processos evidenciando a inovação pretendida nesse âmbito, tornando as técnicas mais sustentáveis.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Adsorção. Tratamento biológico. Resíduo. Impacto ambiental.

**Área do Conhecimento:** Engenharia Química.

#### Introdução

O corante Violeta Cristal (VC) possui coloração violeta intensa, brilhante e é solúvel em água, o que facilita sua utilização em processos de tingimento e coloração. É conhecido por sua estabilidade em várias condições, o que lhe confere uma resistência ao desbotamento em muitas aplicações. Também é chamado de violeta básica, violeta genciana e violeta de metila 10B, é um corante orgânico catiônico, sintético, que absorve luz na faixa de comprimento de onda de 584 a 594 nm e é amplamente usado em diversas indústrias, como têxteis, de cosméticos, papel, couro, alimentos e em laboratórios para coloração de amostras em microscopia (MITTAL *et al.*, 2010).

O VC pode apresentar diversos impactos na saúde humana, como irritação nos olhos, no aparelho digestivo, insuficiência respiratória e problema renal. Também pode afetar negativamente a vida aquática, acarretar impactos ambientais, como alteração da coloração da água, redução da penetração da luz solar impedindo a fotossíntese e a eutrofização de corpos hídricos (FABRYANTY *et al.*, 2017).

Embora o VC seja amplamente utilizado em várias indústrias, é importante considerar os impactos ambientais associados ao seu uso e descarte, especialmente em efluentes industriais. Em função disso, o tratamento adequado é fundamental para garantir a remoção eficiente desse corante e minimizar seus efeitos adversos no meio ambiente.

O tratamento de efluentes coloridos é um dos grandes desafios do segmento têxtil devido à diversidade de corantes, cada qual com suas características, composições químicas particulares e propriedades. Sendo assim, se faz importante admitir técnicas específicas para degradação ou remoção dos mesmos (ZANONI; CARNEIRO, 2001). Atualmente, os processos de tratamento de efluentes se subdividem em processos biológicos – aeróbio e anaeróbio, físicos – filtração, decantação, adsorção/troca iônica, e eletrodialise, e químicos – coagulação/floculação, precipitação, eletroquímico, oxidação avançada e cloração. Cada qual apresenta suas vantagens e deficiências.

Esses processos incluem condições e o uso de reagentes específicos para serem realizados, por isso o nível de eficiência e custo de cada um variam significativamente, além disso, apresentam também algumas limitações como a geração de contaminantes ao final do processo, grandes volumes de lodo e necessidades de mais processos associados (KUMAR *et al.*, 2017). Com isso, é

# A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

impressindível a importância de avaliar todos os quesitos para determinação da forma de tratamento mais adequada para o objetivo central.

Dentro deste contexto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de fazer um levantamento bibliográfico sobre as técnicas de tratamento de efluentes líquidos aplicáveis ao setor têxtil visando à remoção de corantes, em especial o VC, destacando as respectivas eficiências, os fatores interferentes no processo, aspectos relacionados aos custos, dentre outras características.

## Metodologia

Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre as técnicas de tratamentos de efluente líquido da indústria têxtil utilizando as bases de dados Google Acadêmico, Scopus e Web Of Science. As palavras chave usadas inicialmente para as pesquisas foram "wastewater treatment", "technique", "dye" e "crystal violet", todos os termos em inglês para garantir maior amplitude nos resultados.

Os artigos provenientes das buscas foram separados por técnicas abordadas mediante a leitura dos mesmos e posteriormente selecionadas as técnicas mais citadas para efluentes contendo corantes no geral, e de maneira mais específica para o corante violeta cristal.

A partir desse primeiro levantamento foram acrescentadas como palavras chave nas buscas as técnicas selecionadas na etapa anterior, ou seja, os processos biológicos, coagulação/floculação, oxidação avançada e adsorção/troca iônica, e então utilizados esses estudos apresentados nesses resultados dessa segunda etapa como referência na obtenção das informações sobre análise de cada processo, seu custo e eficiência.

Essa revisão de literatura foi dividida e apresentada por técnica de tratamento para melhor compreensão das variáveis envolvidas numa análise para definição da técnica mais adequada levando em consideração eficiência e custo, facilidades e limitações, assim como seu potencial inovador.

## Resultados

Considerando os corantes como poluentes, de maneira geral e de forma específica para o Violeta Cristal, as principais formas de tratamento que são mais frequentemente abordadas na literatura para efluentes industriais contaminados com tais substâncias são (i) os processos biológicos; (ii) a oxidação avançada; (iii) a coagulação e floculação e (iv) a adsorção. A seguir, são descritas as principais informações obtidas a partir do levantamento bibliográfico acerca de cada uma das técnicas citadas.

### • Processos Biológicos

Esse tipo de processo costuma ser a primeira opção de tratamento das indústrias devido ao baixo custo em comparação aos demais, porém pode haver variação dependendo do sistema e das necessidades de manutenção e controle. Nos processos biológicos, são empregados bactérias e fungos que são capazes de metabolizar e degradar corantes sintéticos, como o VC (XIAO *et al.*, 2018).

Os processos biológicos mais comuns utilizados para o tratamento de corantes são os aeróbios que envolvem micro-organismos que utilizam o corante como fonte de carbono e energia em um ambiente rico em oxigênio, degradando-o em produtos menos tóxicos e apresentando eficiência para alguns corantes, no entanto, nem todos os micro-organismos possuem a capacidade de degradar compostos sintéticos complexos. Há o tratamento anaeróbio, similar ao anterior, mas acontece na ausência de oxigênio, podendo ser menos eficiente para corantes complexos, contudo, pode ser aplicado em combinação com outros métodos de tratamento para melhorar a remoção geral do corante (MENDES *et al.*, 2005).

Em geral, os processos biológicos podem ser uma opção econômica e ambientalmente sustentável para o tratamento de corantes, especialmente se houver uma população microbiana adequada para degradar o corante presente no efluente, entretanto sua eficiência nesse processo depende das condições operacionais ótimas (pH, temperatura e tempo), concentração e composição do corante no efluente, presença e atividade dos micro-organismos adequados (MAHMOUD; FREIRE, 2007), com isso, é extremamente difícil micro-organismos versáteis para degradar de maneira eficiente um grande número de poluentes a um baixo custo operacional por conta da diversidade, concentração e composição de espécies químicas presentes em cada efluente (KUNS *et al.*, 2002).

# A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

## • Processos de Oxidação Avançada (POAs)

Os POAs são técnicas de tratamento de água e efluentes que consistem na geração de espécies altamente reativas, como os radicais hidroxila (OH), as quais oxidam compostos orgânicos presentes na água, convertendo-os em subprodutos menos tóxicos, mais facilmente removíveis e ou mais biodegradáveis (MALIK *et al.*, 2018). Esse processo envolve grande custo devido à necessidade de se utilizar reagentes e tecnologias adicionais para gerar as espécies oxidantes altamente reativas. Com isso o custo associa-se aos reagentes relativamente caros, a energia necessária para processos como fotocatalise, aos equipamentos como reatores avançados, sistemas de ozonização ou sistemas de radiação ultravioleta, e ao monitoramento que requer controle para garantir que as condições ideais sejam mantidas (MAHMOUD; FREIRE, 2007).

A eficiência dos POAs depende de vários fatores, como a concentração do corante na água, as características do efluente, a escolha de uma das variações dos POAs adequado e as condições operacionais empregadas. De forma geral, quando se trata da remoção de corantes de efluentes, os POAs podem ser eficientes, principalmente para corantes que são resistentes à degradação biológica convencional, como muitos corantes sintéticos, assim como VC. Dessa forma os POAs podem ser uma boa opção para o tratamento do corante VC (KUMAR *et al.*, 2017).

Desta forma, o desafio é manter a eficiência do processo e diminuir o custo, por isso estudos envolvendo a microeletrolise tem atraído cada vez mais atenção (WANG *et al.*, 2018). Há também estudos utilizando biomassas e nanopartículas sintetizadas para a descoloração do corante via reação catalítica de Fenton, uma tecnologia promissora e de baixo custo para o tratamento de águas residuárias contendo compostos orgânicos perigosos, incluindo os corantes (SILVA *et al.*, 2021).

Apesar de promissor, o sistema Fenton em fase homogênea pode ocasionar a formação de lodo levando a uma poluição secundária devido ao uso de grandes concentrações de íons  $\text{Fe}^{2+}$  em meio ácido para evitar a precipitação dos íons  $\text{Fe}^{3+}$  como hidróxido (SRUTHI *et al.*, 2018).

Tendo em vista os inconvenientes do processo homogêneo, foi desenvolvido o processo Fenton heterogêneo que abrange a utilização do peróxido de hidrogênio em conjunto com um catalisador sólido contendo ferro (CUI *et al.*, 2019), para impedir a formação do lodo. Esse catalisador precisa possuir características projetadas ou modificadas para alcançar melhor desempenho catalítico. No entanto, na catálise heterogênea a taxa de oxidação é menor comparada com a catálise homogênea por conta da presença de uma pequena fração de ferro na superfície do catalisador (POURAN; RAMAN; DAUD, 2014), ademais pode ocorrer desativação do catalisador devido a possível lixiviação dos íons de ferro.

## • Coagulação/Floculação

A técnica de tratamento de efluentes por coagulação e floculação é uma das mais comuns e eficientes para remover diversos tipos de contaminantes, incluindo corantes de efluentes líquidos. Essa técnica é amplamente utilizada em estações de tratamento de água e efluentes industriais devido à sua eficácia comprovada (LUCAS *et al.*, 2008). A coagulação e floculação são processos químicos utilizados para aglomerar partículas finas e coloidais presentes no efluente, com isso os coagulantes neutralizam as cargas elétricas das partículas suspensas, fazendo com que elas se atraiam e se juntem, formando pequenos agregados chamados flocos e, então, o efluente é agitado suavemente para promover a colisão e união dos flocos formados. Durante esse processo, os flocos crescem e se tornam mais pesados, o que facilita sua posterior remoção, os flocos maiores e mais densos podem ser removidos por decantação, após sedimentação, ou por filtração (NGUYEN; JUANG, 2013).

É importante ressaltar que a eficiência pode variar dependendo das características específicas do efluente e da dosagem adequada dos coagulantes utilizados, contudo, são tratamentos muito úteis e eficientes para remover corantes e outras impurezas de efluentes líquidos, contribuindo significativamente para a redução da poluição e a preservação do meio ambiente. A coagulação e a floculação podem ser eficientes na remoção de alguns corantes, contudo, a eficiência pode depender de alguns fatores, tais como: (i) pH, pois em alguns casos, pode ser necessário ajustá-lo para otimizar o processo de tratamento; (ii) a dosagem do coagulante para se obter a melhor eficiência de remoção do corante; (iii) o tempo de mistura e floculação para garantir um tempo adequado para que ocorra uma aglomeração efetiva das partículas de corante; (iv) o tipo de corante a ser removido; e (v) a presença de outras impurezas no efluente, o que pode fazer com que seja necessário o uso em excesso de algum polieletrólito e/ou a combinação dessas técnicas com outras (GUARATINI; ZANONI, 2000).

# A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Em geral, a coagulação e floculação podem ser consideradas como um método relativamente econômico para o tratamento de efluentes, especialmente quando comparado a tecnologias mais avançadas e complexas, como o POA, pois os coagulantes mais utilizados são mais comuns, amplamente disponíveis e relativamente acessíveis.

A coagulação e floculação são técnicas com potencial para a remoção de corantes, mas para o VC não foi encontrado estudos que comprovem a sua remoção por esses processos isolados. Ademais, a utilização de coagulantes inorgânicos pode causar problemas em relação a coloração indesejada nos equipamentos e contaminação secundária devido à grande quantidade de lodo com altos níveis de alumínio residual levando à contaminação da água tratada (SOUZA *et al.*, 2016).

## • Adsorção

Os processos de adsorção podem ser eficientes para a remoção de corantes, inclusive para o violeta cristal, e pode ser classificado como químico ou físico (KAUSAR *et al.*, 2018), sendo a adsorção física ou fisioissorção um processo reversível que consiste na existência de interações fracas entre o adsorvente e o adsorvato, enquanto que a adsorção química ou quimioissorção envolve interações mais fortes entre as espécies, resultando em um processo irreversível, em que se observa a troca de elétrons entre a superfície do material adsorvente e o adsorvato (COELHO *et al.*, 2014).

A adsorção é um método de tratamento que envolve a utilização de materiais adsorventes, como carvão ativado, zeólitas ou argilas modificadas para atrair e reter os compostos indesejados presentes na água. Quanto maior for esta superfície de contato do sólido adsorvente, mais favorável será a adsorção (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Dentre os pontos de destaque da adsorção está sua eficiência para a remoção de corantes e outros compostos orgânicos presentes em efluentes; facilidade de operação, por ser relativamente simples e facilmente incorporada a sistemas de tratamento existentes; versatilidade, pois existem vários tipos de adsorventes disponíveis, cada um com diferentes características de adsorção, permitindo escolher o mais adequado para a remoção de um determinado corante (DOTTO *et al.*, 2011).

A eficiência da adsorção para a remoção do violeta cristal dependerá do tipo de adsorvente utilizado, suas propriedades superficiais, o pH do meio, a concentração inicial do corante, tamanho da partícula do adsorvente, a temperatura, estrutura do corante e o tempo de contato entre o adsorvente e o corante (NETO *et al.*, 2014).

Com relação aos custos dos processos de adsorção, estes podem variar. Alguns fatores que afetam o custo incluem (i) o tipo de adsorvente, da sua composição química, sua origem e formas de preparo, (ii) a possibilidade de regeneração e reutilização do adsorvente, o que reduz os gastos com material de reposição, e (iii) a vida útil do adsorvente, pois a eficácia do adsorvente diminui com o tempo, o que pode requerer a substituição regular do material.

## Discussão

O processo biológico ainda que com custo relativamente baixo demonstra ser pouco viável a aplicação para corantes, inclusive para o VC, devido às condições operacionais e à seleção de micro-organismos versáteis adequados. Esse processo é mais viável para ser parte da etapa inicial do processo de tratamento do efluente combinado com outras formas de tratamento (KUNS *et al.*, 2002).

Para as técnicas de coagulação/floculação é atestado sua aplicabilidade na remoção de corantes de efluentes e é um processo economicamente viável, contudo, são técnicas que apresentam eficiência maior quando aplicadas em conjunto com outras técnicas (GUARATINI; ZANONI, 2000), e especificando sua aplicabilidade para o VC, não foi encontrado pesquisas que afirmassem sua eficácia.

Analisando a oxidação avançada para o corante Violeta Cristal (VC), pode-se observar que apresenta grande eficiência, contudo, custo alto. Devido a isso, a microeletrolise e a técnica envolvendo Fenton se mostraram promissoras com potencial de ser uma alternativa econômica, ambientalmente sustentável e potencialmente eficiente para o tratamento de águas residuárias contendo corantes, mas é necessário haver a realização de estudos ecotoxicológicos para a avaliação de possíveis efeitos adversos da solução descolorida e otimização dos processos (WANG *et al.*, 2018).

Além disso, é interessante destacar que, os POAs, mesmo com custo elevado, podem oferecer vantagens significativas, especialmente no tratamento de poluentes persistentes e resistentes a processos convencionais, sendo altamente eficazes na remoção de compostos orgânicos tóxicos e



# A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

poluentes emergentes que não são facilmente tratados por outros métodos (KUMAR *et al.*, 2017). Sendo assim, o custo-benefício dos POAs deve ser avaliado caso a caso.

A adsorção é método mais encontrado com relação às pesquisas para tratamento de efluente da indústria têxtil. Dentre os processos de alto custo, é o que é mais viável economicamente, mesmo assim, existem muitas literaturas que têm visado à redução ainda maior desse processo, como a utilização da terra diatomácea residual para síntese de zeólitas para serem aplicadas como adsorvente, além de outros materiais visando a sustentabilidade e economia circular, minimizando os custos e portanto, se classificando como um processo promissor. Sendo assim, apresenta grande versatilidade e aplicação para vários corantes, inclusive o VC (DOTTO *et al.*, 2011).

Com isso tanto os POAs quanto o de adsorção podem ser mais acessíveis no futuro diante dos avanços tecnológicos e economias de escala, além disso, em alguns casos, a combinação de diferentes tecnologias de tratamento pode ser mais eficiente para a remoção dos corantes, principalmente o VC.

## Conclusão

A partir do presente trabalho foi possível identificar técnicas que podem ser potencialmente empregadas no tratamento de efluentes oriundos do setor têxtil visando à remoção de corantes. A escolha da tecnologia de tratamento dependerá da complexidade, do volume do efluente, dos requisitos regulatórios locais e das considerações econômicas, pois cada processo possui suas particularidades e, por isso, não é possível determinar uma única técnica como ideal para todos os casos.

As pesquisas sobre as técnicas de tratamento de efluentes líquidos se mostram, portanto, extremamente importantes e com grande potencial para inovações e otimizações de processos para que se tornem mais viáveis economicamente e ambientalmente. Tendo em vista as limitações particulares de cada técnica que foram expostas, é possível concluir que o enfoque em pesquisas nesse ramo gerará avanços no tratamento de efluentes líquidos industriais, com objetivo de implantação à nível industrial, minimizando os impactos ambientais e sociais decorrentes dos resíduos gerados.

## Referências

- COELHO, G. F.; GONÇALVES, A. C.; SOUZA, R. F. B.; SCHWANTES, D.; MIOLA, A. J.; DOMINGUES, C. V. R. Uso de técnicas de adsorção utilizando resíduos agroindustriais na remoção de contaminantes em água. **Journal of Agronomic Science**, v. 3, p. 291-317, 2014.
- CUI, R.; YANG, B.; LI, S.; WANG, J.; MA, S. Heterogeneous Fenton catalysts prepared from modified fly ash for NO<sub>x</sub> removal with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. **Catalysis Communications**, v. 119, p. 180-184, 2019.
- DOTTO, G. L.; VIEIRA, M. L. G.; GONÇALVES, L. J. O.; PINTO, L. A. A. Remoção dos corantes azul brilhante, amarelo crepúsculo e amarelo tartazina de soluções aquosas utilizando carvão ativado, terra diatomácea, quitina e quitosana: Estudos de equilíbrio e termodinâmica. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1193-1199, 2011.
- FABRYANTY, R.; VALENCIA, C.; SOETAREDJO, F. E.; PUTRO, J. N.; SANTOSO, S. P.; KURNIAWAN, A.; JU, Y.; ISMADJI, S. Removal of Crystal violet dye by adsorption using bentonite-alginate composite. **Environmental Chemical Engineering**, v. 5, p. 5677-5687, 2017.
- GUARATINI, C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, v. 23, n.1, p.71-78, 2000.
- KAUSAR, A.; IQBAL, M.; JAVED, A.; AFTAB, K.; NAZLI, Z.; BHATTI, H. N.; NOUREN, S. Dyes adsorption using clay and modified clay: A review. **Journal Molecular Liquids**, v. 256, p. 395-407, 2018.
- KUMAR, M. S.; SONAWANE, S. H. PANDIT, A. B. Degradation of methylene blue dye in aqueous solution using hydrodynamic cavitation based hybrid advanced oxidation processes. **Chemical Engineering and Processing**, v. 122, p. 288-295, 2017.

## A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

KUNS, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

LUCAS, M.; JEREMIAS, P. F. P.; ANDREAUS, J.; BARCELLOS, I. O.; PERALTAZAMORA, P. Reutilização de efluente de tingimentos de fibras acrílicas pós-tratamento fotoeletroquímico. **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1362-1366, 2008.

MAHMOUD, A.; FREIRE, R. S. Métodos emergentes para aumentar a eficiência do ozônio no tratamento de águas contaminadas. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 198-205, 2007.

MALIK, S. N.; GHOSH, P. C.; VAIDYA, A. N.; MUDLIAR, S. N. Catalytic ozone pretreatment of complex textile effluent using Fe<sup>2+</sup> and zero valent iron nanoparticles. **Journal of Hazardous Materials**, v. 357, p. 363-375, 2018.

MENDES, A. G.; CASTRO, H. F.; PEREIRA, E. B.; JÚNIOR, A. F. Aplicação de lipases no tratamento de águas residuárias com elevados teores de lipídeos. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 296-305, 2005.

MITTAL, ALOK.; MITTAL, JYOTI.; MALVIYA, ARTI.; KAUR, DIPIKA.; GUPTA, V. K. Adsorption of hazardous dye crystal violet from wastewater by waste materials. **Journal of Colloid and Interface Science**, n. 343, p. 463-473, 2010.

NASCIMENTO, F. N.; LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: Aspectos teóricos e aplicações ambientais**, Fortaleza: Editora UFC, 2014, 255.

NETO, J. F.; CARTAXO, J. M.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R. Processos de adsorção de corantes em argilas esmectíticas: uma revisão. **Revista eletrônica de materiais e processos**, v. 9, n. 1, p. 51-59, 2014.

NGUYEN, T. A. JUANG, R. Treatment of waters containing sulfur dyes: A review. **Chemical Engineering Journal**, v. 219, p.109-117, 2013.

POURAN, S. R.; RAMAN, A. A.; DAUD, W. M. A. Review on the application of modified iron oxides as heterogeneous catalysts in Fenton reaction. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 24-35, 2014.

SILVA, M.; BALTRUS, J.; WILLIAMS, C.; KNOPE, A.; ZHANG, L.; BALTRUSAITIS, J. Mesoporous Fe-doped MgO nanoparticles as a heterogeneous photo-Fenton-like catalyst for degradation of salicylic acid in wastewater. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 4, 2021.

SRUTHI, T.; GANDHIMATHI, R.; RAMESH, S. T.; NIDEESH, P. V. Stabilized landfill leachate treatment using heterogeneous Fenton and electro-Fenton processes. **Chemosphere**, v. 210, p. 38-43, 2018.

SOUZA, M. T. F.; ALMEIDA, C. A.; AMBROSIO, E.; SANTOS, L. B.; FREITAS, T. K. F.S.; MANHOLER, D. D.; CARVALHO, G. M. GARCIA, J. C. Extraction and use of cereus peruvianus cactus mucilage in the treatment of textile effluents. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 67, p.174-183, 2016.

WANG, J.; ZHANG, Q.; SHAO, X.; MA, J.; TIAN, G. Properties of magnetic carbon nanomaterials and application in removal organic dyes. **Chemosphere**, v. 207, p. 377-384, 2018.

XIAO, X.; LI, T.; LU, X.; FENG, X.; HAN, X.; LI, W.; LI, Q.; YU, H.; A simple method for assaying anaerobic biodegradation of dyes. **Bioresource Technology**, v. 51, p. 204-209, 2018.

ZANONI, M. V. B.; CARNEIRO, P. A. O Descarte dos corantes. **Ciência Hoje**, v. 29, n.174, p. 61, 2001.